PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 17. 27. Januar 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen:
L. de Forest, Reflektion Hertzscher Wellen an den Enden von parallelen Drähten. S. 193.
R. Abegg, Über Tauchelektroden. S. 195.

Vorträge und Reden:
O. N. Witt, Die Entwickelung der Chemie als technische Wissenschaft. S. 195.

Vorträge und Discussionen von der 71. Naturforscherversammlung zu München:
22. C. Heinke, Über Wellenstrom-Energie. S. 197.

Personalien. S. 200.

Berichtigungen. S. 200.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Reflektion Hertzscher Wellen an den Enden von parallelen Drähten[1]).

Von L. De Forest.

Die Theorie zeigt, dass bei dem Lecherschen Systeme von parallelen Drähten die Hertzschen Wellen an offenen Enden ohne Änderung des Vorzeichens der Elektrisierung reflektiert werden. Der erste Knotenpunkt würde deshalb im Abstand von einer viertel Wellenlänge von den Enden zu erwarten sein. Wird dagegen irgend eine Kapacität an den Enden angehängt, so wird eine Phasenänderung durch die Reflektion hervorgerufen und es findet eine Verschiebung des Knotens statt, deren Grösse von der Grösse dieser Kapacität abhängt. Nun zeigte sich gerade an freien Enden, bei denen keine Kapacität angenommen wurde, dass eine Phasenänderung eintrat, indem der Abstand des ersten Knotens vom Ende unerwartet klein war.

Diese Erscheinung zu untersuchen, war der Zweck der unten beschriebenen Versuche.

Die Form des benutzten Erregers war eine Vereinigung der Lecherschen und der Blondlotschen Anordnung. Die letztere hat eine grössere Dämpfung als die von Lecher. Ihre Eigenschwingung ist weniger ausgesprochen und die Schwingungszahl der Wellen, welche auf den Drähten gefunden werden, ist fast nur abhängig von den schwingenden Systemen, welche dort durch die willkürlich aufgelegten Brücken gebildet werden. Ein grosser Vorteil dieser Anordnung ist der, dass auf diese Weise eine grosse Anzahl von Wellenlängen mit demselben Oscillator erhalten werden kann. In dem benutzten Erreger bildeten an Stelle von Drähten zwei schmale Zinkstreifen, jeder 15 cm lang und in der Mitte 1,5 cm breit, von elliptischer Form, den Primärkreis. Diese wurden halbkreisförmig gebogen, und jeder trug eine Zinkkugel an der Funkenstrecke.

Um diesen primären Oscillator herum befindet sich ein gleichartiger Zinkstreifen von 32 cm Länge, welcher den sekundären bildet. Das Ganze wurde in ein Gefäss mit Petroleumäther gesetzt. Der Abstand des primären vom sekundären Streifen war nur 0,5 cm. Diese besondere Anordnung verbindet die Vorteile beider Erreger, des Lecherschen und Blondlotschen. Durch die Verwendung der Platten können alle Elemente des primären und sekundären Oscillators näher zusammen gerückt werden, sodass der Energieverlust des Lecher-Erregers vermieden wird; die ununterbrochene Führung des sekundären Oscillators verbindet die zwei parallelen Drähte wie bei Blondlot, und gestattet vollkommene Reflektion: während die Periode des Oscillators nur einen schwachen Einfluss auf das Resonnanz-System der Drähte hat. Ich konnte durch richtiges Überbrücken meist irgend eine Wellenlänge zwischen 50 und 300 cm erhalten.

Als „Wellenentdecker" wurde eine Vakuumröhre verwandt. Um bei Tageslicht arbeiten zu können wurde diese Röhre vollständig in eine lichtdichte Umhüllung eingeschlossen und durch einen Spalt mittelst Augenschirm beobachtet. Dann konnte vermittelst eines Fadens ohne Ende, welcher über zwei Rollen ging und zwischen den Drähten hinlief, der Beobachter an der Röhre eine durch Holzklemmen befestigte Brücke den Drähten entlang verschieben und dadurch den Ort der Knoten festlegen. Um den störenden Einfluss der Kapacität der Vakuumröhre auf ein Minimum zu bringen, wurde weder eine Elektrode noch ein Stanniolbelag verwendet, sondern die Röhre lag frei quer über die parallelen Drähte. Auf diese Weise hat sie eine Kapacität, die nur 4 cm Drahtlänge äquivalent ist. Dieselbe war unabhängig von der benutzten Wellenlänge und konnte deshalb bei allen Wellenlängemessungen berücksichtigt werden, bei denen die Röhre aufgelegt war.

Wir betrachten den Fall, dass ein Kondensator von der Kapacität S_1 zwischen den bei-

1) Ausführlich in Americ. Journal of Science, Juli 8., 1899.

den parallelen Drahtenden angebracht ist. Bezeichnet ϑ die von der ankommenden und reflektierten Welle herrührende resultierende Potentialdifferenz an den Enden der Drähte, und $\mathfrak{J}$ den resultierenden Strom, dann besteht die Kondensatorgleichung

$$\frac{d\vartheta}{dt} = \frac{\mathfrak{J}}{S_1},$$

wenn wir voraussetzen, dass keine Übertragung auf das Dielektrikum stattfindet. Aber wenn wir freie Enden haben, müssen wir annehmen, dass die Energie teilweise ausgestrahlt wird, entweder indem sie sich in annähernd kugelförmigen Wellen ausbreitet oder eine Strecke weit in einem Strahl, mehr oder weniger eben polarisiert. Der Verlust wird um so grösser sein, je kleiner die Kapacität des Endkondensators ist. Für unsere Voraussetzung ist es unnötig den exakten Verlauf oder die Natur der Welle zu bestimmen, nachdem sie den Draht verlassen hat. Wir können den Fall so betrachten, als ob die Drähte sich über den Endkondensator hinaus so fortsetzten, dass auf die Längeneinheit scheinbar eine Kapacität S_2 entfällt.

Mit Berücksichtigung dieser Erwägungen und der Fundamentalgleichung zwischen E. M. K. und Strom in einem Leiter ergiebt sich eine Beziehung zwischen der Endkapacität S_1 und der Phasenänderung bei der Reflektion δ_1:

$$S_1 = \lambda \frac{S}{k}\left(\frac{\cos\delta_1 + 1}{\sin\delta_1}\right),$$

worin k nahezu $= 1$ ist. S, die Kapacität der Längeneinheit des Leiters, wurde für die benutzten Drähte berechnet. Diese Formel wurde sowohl für die Bestimmung der Endkapacitäten der freien Drahtenden, als auch der mit zwei Messingkugeln unter verschiedenen Bedingungen belasteten Enden benutzt, für Wellenlängen zwischen 60 und 170 cm.

Die wirksame Kapacität der freien Enden wird für diese schnellen Oscillationen sehr viel grösser gefunden, wie die für statische Ladung berechnete ist; sie ändert sich mit der Schwingungszahl. Die nach den Beobachtungen entworfenen Kurven zeigen mit wachsender Schwingungszahl eine langsame Abnahme der Phasenänderung durch Reflektion und eine deutlichere Abnahme der scheinbaren Endkapacität. Mit zwei Messingkugeln an den Enden, von 1,85 cm Durchmesser in einem Abstande von 2,55 cm, ist der Wellenlängenverlust bei der Reflektion sehr viel ausgeprägter. Die Reflektion an diesen Kugeln ist viel deutlicher als an freien Enden; die Knoten sind schärfer definiert und leichter zu erkennen.

Es stellte sich kein Unterschied im Charakter der Reflektion an den freien Enden heraus, ob sie scharfkantig abgeschnitten waren oder in feine Spitzen ausliefen. Nach der Maxwellschen Methode wurde die statische Kapacität der Kugeln auf 1·15 CGS berechnet. Die beobachteten Kapacitäten für die Schwingungen sind 2 bis 5 mal grösser als die berechneten — ein viel kleinerer Unterschied wie bei freien Enden. Die Ausstrahlung von den Kugeln aus ist viel kleiner.

Beim Untersuchen der Wirkung von Biegungen in den Drähten auf die Reflektion wurde eine eigenartige Erscheinung beobachtet. Wenn die Drähte von einander abgebogen wurden, war die Deutlichkeit der Knoten sehr beträchtlich vermindert — je grösser der Winkel der Biegung, desto undeutlicher die Knoten —, entsprechend der doppelten Reflektion, welche dann auftritt. Wenn der Abstand zwischen den Enden festgehalten wird und ein bestimmtes, dicht an dem Ende liegendes Stück jeden Drahtes nach aussen gebogen wird, beobachtet man beim Übergang von geraden und parallelen Drähten zu gekrümmten Formen, dass die letzte Viertel-Wellenlänge zunächst kleiner, dann wieder grösser wird. Die Kapacität des Drahtabschnittes wird dabei geändert, und wenn schliesslich die Drähte zick-

zackförmig gebogen sind, wie in Fig. (a), so kann die Kapacität geringer sein als für die ursprünglichen parallelen Enden; man trifft hierbei ein ausgesprochenes Maximum, wenn die Kreisform (Fig. b) verwendet wird. Der Flächeninhalt ist dann gleichfalls ein Maximum. Je länger der abgebogene Drahtabschnitt ist, desto deutlicher ist der Effekt.

Wenn man jetzt solche konvexe Schleifen entfernt von den Enden in die parallelen Drähte einbog, war die Wirkung die entgegengesetzte, wie die von v. Geitler (Wied. 49, S. 184. 1893) gefundene. Wir haben es hier also mit einem „End"-Phänomen zu thun.

Mit einem besonderen Elektrometer von sehr kleiner Kapacität wurde die Kurve der Intensitätsabnahme der stehenden Wellen ($\lambda = 80$ cm) mit der Entfernung von der Brücke gefunden, welche zeigte, dass die Länge des ausgesandten Wellenzuges ungefähr bis 8 m reicht.

Um eine Polarisation in dem Felde neben den Drähten nachzuweisen, wurde ein Kohärer verwendet, welcher so abgeschirmt war, dass er nur auf die von den benachbarten parallelen Drähten ausgehenden Wellen ansprach. Zum Nachweis der Polarisation wurden Gitter von Draht oder Zinkstreifen benutzt.

Auf der ganzen Länge der Lecherschen Drähte wurden keinerlei polarisierte Verschiebungen gefunden, ob der Kohärer in der Ebene der beiden Drähte oder in derselben Entfernung senkrecht dazu, ob er dicht dabei oder weit von ihnen entfernt lag. Die Wellen verbreiten sich nahezu kreisförmig von den Drähten aus, mit Verschiebungen, die senkrecht und tangential zu ihnen sind; aber es giebt ausserdem Verschiebungen parallel zu den Drähten, welche von dem in denselben fliessenden Strome herrühren. Eine von diesen beiden Komponenten wird in jedem Falle durch das Gitter hindurchgelangen.

Der Kohärer wurde dann in der Verlängerung der Drähte so aufgestellt, dass er auf die Drahtenden hingerichtet war (in 8 cm Entfernung). Auch hier waren in einer Entfernung über 15 cm vom Ende die Wellen nicht polarisiert. Wenn indessen die Drahtenden unmittelbar an das Gitter oder auf ungefähr 8 cm an den Kohärer herangebracht wurden, fand sich eine entschiedene Polarisation. War die Ebene der beiden Drähte horizontal, gab das Galvanometer, bei vertikaler Stellung der Gitterdrähte, einen Ausschlag von durchschnittlich 17 Skalenteilen; keinen dagegen, wenn dieselben horizontal lagen. Drehte man den Analysator, so wurden im Mittel die Zahlen der folgenden Tabelle erhalten:

Winkel der Gitterdrähte gegen die Vertikalstellung	Ablenkung	relative Ablenkung	Cosinus des Winkels
0.°	26	1.0	1.0
22.5°	18	0.7	0.9
45.0°	9	0.35	0.7
67.5°	4	0.16	0.4
90.0°	0	0.0	0.0

Zwei Gitter, ein horizontales und ein vertikales schnitten jede Wirkung ab; aber wenn beide vertikal waren, erhielt man beträchtliche Ausschläge.

Dadurch ist die frühere Behauptung gerechtfertigt, dass sich ein Strahl eben polarisierter Verschiebungen über die Enden der beiden Drähte hinaus fortpflanzt. Es ist auch überzeugend nachgewiesen, dass es die zu den Gitterelementen senkrechte Komponente ist, welche durch dasselbe hindurchdringt. Schon in kleiner Entfernung von den Enden verliert sich dieser eben polarisierte Strahl in den sich ausbreitenden Kugelwellen oder in diffus reflektierten.

Noch vieles über die genaue Beschaffenheit des Feldes in der Nachbarschaft der Drähte könnte wohl durch eine weitere Verwendung des Kohärers im beschriebenen Sinne erforscht werden. Die hier mitgeteilten Versuche sollen nur eine ungefähre quantitative Übersicht geben.

Die vorstehende Untersuchung wurde unter Leitung von Prof. A. W. Wright im Sloane Physical Laboratory of Yale University (U. S. A.) durchgeführt. (Eingegangen 7. Jan. 1900.)

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Agricola.)

Über Tauchelektroden.

Von R. Abegg.

Die von F. Kohlrausch[1]) angegebenen Tauchelektroden, mittelst Doppelkapillaren hergestellt, leiden, offenbar wegen der Ungleichmässigkeit der Abkühlung, die bei so kompakten Glasmassen schwer vermeidbar ist, an dem Übelstand, dass sie sehr zum Springen neigen. Da mir dies mehrfach vorgekommen ist, habe ich Glasbläser Schmidt, hier, Schuhbrücke 47 veranlasst, diese Elektroden derart herzustellen, dass die an die Platinbleche angeschweissten Platindrähte durch Hartlot mit dicken Kupferdrähten verbunden, in eine gewöhnliche einfache Glasröhre eingeschmolzen werden; die Berührung der Kupferdrähte wird durch Zwischenschieben eines Milchglasstreifens und Einkitten am oberen Ende mit Marineleim unmöglich gemacht. Bei dieser Konstruktion fällt auch das nicht ganz leichte Füllen der Kapillaren mit Quecksilber fort. Der Preis dieser Ausführungsform beträgt 5 Mk.; dieselbe hat sich bisher gut bewährt.

1) Wied. Ann. 51, 346, 1894.

R. Abegg, Breslau.
(Eingegangen 14. Jan. 1900.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Die Entwickelung der Chemie als technische Wissenschaft.

IV. Teil der am 19. Oktober 1899 in der Festhalle der Königlich Technischen Hochschule zu Berlin anlässlich ihrer Jahrhundertfeier gehaltenen Festreden.[1])

Von Otto N. Witt.

Es liegt nahe, an einem Tage, wie der heutige, wo wir auf das eben vollendete erste Jahrhundert des Bestehens unserer Anstalt zurückblicken, auch den Entwickelungsgang der Wissenschaften im Geiste wieder zu durchmessen, welche zu lehren die Aufgabe dieser Hochschule ist. Zu diesen gehört auch die Chemie in ihren theoretischen Grundlagen sowohl, wie in allen ihren Anwendungen auf die Probleme des gewerblichen Lebens. Die Parallele zwischen dem Entwickelungsgang der

1) Vgl. diese Zeitschrift I, S. 70.

Wissenschaft selbst und demjenigen der Stätte ihrer Lehre muss für das Gebiet der Chemie um so interessanter ausfallen, als beide sich so ziemlich des gleichen Alters rühmen können. Für beide fällt die Zeit ihrer Begründung in die letzten Jahre des 18. Jahrhunderts, aber ihr ganzer Werdegang hat beiden den geistigen Stempel des neunzehnten für alle Zukunft auf die Stirne geprägt!

Im Jahre 1799 gab es noch keine wissenschaftliche Chemie im heutigen Sinne des Wortes. Die Summe der Erfahrungen, welche uns das Zeitalter der Alchemisten und Iatrochemiker hinterlassen hatte, bildete noch ein buntes Chaos, welches der Erklärung und Befruchtung harrte. Die phantastische Phlogistonhypothese war als unhaltbar erkannt, aber die Atomtheorie, die Grundlage der heutigen chemischen Forschung, noch nicht geboren. Der Verbrennungsprozess, der wichtigste aller chemischen Vorgänge, war eben erst seinem Wesen nach erforscht worden und der Sauerstoff selbst, die Ursache aller Verbrennung, gehörte damals zu den neuentdeckten Körpern.

Unter solchen Umständen kann es uns nicht Wunder nehmen, dass in dem Unterrichtsplan für die neuzubegründende Bauschule, welchen unsere Archive heute noch in Form eines sauber geschriebenen Bändchens aufbewahren, der Chemie mit keinem Worte gedacht ist, obgleich wir heute eine elementare Kenntnis dieser Wissenschaft auch bei dem Architekten und Bauingenieur nicht gerne missen möchten. Erst die glänzenden Errungenschaften der ersten Jahrzehnte unseres Jahrhunderts hatten der Welt so laute Kunde von dem Entstehen und raschen Aufblühen einer wichtigen neuen Wissenschaft gegeben, dass die später begründete zweite Hälfte unserer Hochschule sich veranlasst sah, auch dieser Disziplin eine bleibende Stätte zu gewähren.

Wir pflegen die Begründung der chemischen Wissenschaft auf die Einführung der Wage in das Laboratorium zurückzuführen und infolgedessen Black, Cavendish, Wenzel, Lavoisier, Richter und andere, welche sich zuerst der Wage bedienten, und allmählich die wunderbare Gesetzmässigkeit in den Gewichtsverhältnissen reagierender Substanzen enthüllten, als die Pioniere der chemischen Forschung zu feiern. In der That ist eine rein qualitative Betrachtung chemischer Vorgänge so gut wie unmöglich und wenn wir heute für Unterrichtszwecke die qualitative Analyse von der quantitativen trennen, so ignorieren wir damit nicht die Stöchiometrie in der Wechselwirkung der Körper, sondern wir setzen sie als gegeben und bekannt voraus. In dieser Hinsicht schliesst sich die Chemie auf das Engste an die anderen Disziplinen an, welche unsere Hochschule vertritt. Auch bei der Betrachtung eines Bauwerkes oder einer Maschine werden wir auf rein qualitativem Wege nicht weit kommen; eine wissenschaftliche Durchdringung gelingt erst mit Hilfe messender Methoden.

Die Wage ist bis auf den heutigen Tag das wichtigste Werkzeug des Chemikers geblieben und wird auch für alle Zukunft als solches anerkannt werden. Sie ist dem Theoretiker ebenso unentbehrlich, wie dem technischen Chemiker. Wie mit ihrer Hilfe der Eine neue Reaktionen ihrem Wesen nach erforscht, so bedarf ihrer der Andere zur Kontrolle der Vorgänge, die sich in seinen Apparaten im grossen Massstabe abspielen. Nur mit Hilfe der Wage lässt sich die Bilanz chemischer Prozesse aufstellen, welche die einzige mögliche Probe auf die Richtigkeit der aus unseren Experimenten gezogenen Schlussfolgerungen bildet.

Es lag in der Natur der Sache, dass die Wage ihre ausgiebigste Verwendung zuerst auf analytischem Gebiete fand. Galt es doch zunächst, die ungeheure Menge von Thatsachen zusammen zu tragen, welche als solides Fundament für den kühnen Bau der chemischen Theorien erforderlich waren. Zwar fällt die Errichtung des Grundpfeilers unserer gesamten theoretischen Anschauungen, die Schöpfung der Atomtheorie durch Dalton schon in die allerersten Jahre unseres Jahrhunderts, aber in ihr war das Genie ihres Urhebers seiner Zeit vorausgeeilt und es bedurfte der experimentellen Arbeit eines halben Jahrhunderts und solcher Interpretatoren, wie wir sie zu unserem Glücke in Männern, wie Dumas, Hofmann, Odling, Würtz und anderen fanden, ehe es endlich dazu kam, dass die direkten Konsequenzen der Atomtheorie und der im Jahre 1811 von Avogadro aufgestellten Molekularhypothese in Form der sogenannten atomistischen Anschauungen zu allgemeiner Geltung gelangten. Wie diese zur Lehre von der Valenz der Elemente führten, welche ihrerseits in der Hand des genialen Kekulé zum Schlüssel des Geheimnisses wurde, das scheinbar undurchdringlich über dem ungeheuren Reiche der organischen Verbindungen brütete; wie endlich durch Mendelejeff und Lothar Meyer im periodischen System der Elemente das grosse Gesetz entdeckt wurde, dem die anscheinend regellosen Zahlen der Atomgewichte unterthan sind — das alles ist bekannt und es genügt, darauf hinzuweisen, dass jede einzelne dieser grossen Errungenschaften sich direkt auf die Einführung einer quantitativen Betrachtung chemischer Fragen zurückführen lässt.

Im Besitze eines nie versagenden Hilfsmittels, dessen Anwendung auf jedem Gebiete zu den glänzendsten Entdeckungen führte, schien unsere Wissenschaft jeder Aufgabe gewachsen. Jahrzehnte lang betrachtete sie ihr Rüstzeug

als vollständig und eilte vorwärts von Erfolg zu Erfolg. Immer glänzender wurden die Triumphe, welche sie in der Erforschung der Materie feierte. Element um Element ward der anfangs so bescheidenen Reihe von Grundstoffen hinzugefügt; bald begnügte sie sich nicht mehr mit der Erforschung der Erdrinde, sondern zog die Gestirne, die strahlende Sonne selbst in den Kreis ihrer Forschung. Und zu gleicher Zeit steigerte sie durch Ausbildung der Synthese die Zahl der zugänglichen Verbindungen ins Unermessliche. Aber das wunderbarste in dieser Kette von Erfolgen war vielleicht die Thatsache, dass fast jeder derselben sich früher oder später als gewerblich verwertbar erwies. So erwuchs mit der chemischen Forschung die chemische Technik. Wieviel diese beiden dazu beigetragen haben, dem 19. Jahrhundert sein Gepräge zu geben, das aufzuzeichnen wird die Geschichte der Civilisation unserer Zeit nicht vergessen!

Einem Triumphator, welcher Sieg um Sieg auf seine Fahnen schrieb, wird man keinen Vorwurf daraus machen dürfen, wenn er nur einen Teil der Waffen benutzte, die ihm zu Gebote standen. Desto freimütiger wird er es aber auch bekennen können, wenn er zu der Einsicht gekommen ist, dass das alte Rüstzeug nicht mehr ausreicht. In dieser Lage befindet sich seit einiger Zeit die Chemie.

Wohl sind die Wege, auf denen ein Berzelius, ein Wöhler, Liebig, Bunsen der Unsterblichkeit zustrebten, zu breiten Heerstrassen geworden, welche nach wie vor Hunderte und Tausende zum Erfolge führen. Noch immer gelingt dem emsigen Sucher die Auffindung neuer Grundstoffe, und die Flut der wertvollen Entdeckungen auf dem Gebiete der organischen Synthese schwillt immer höher. Aber wir erkennen auch, dass wir den uns zukommenden Anteil in der Erkenntnis der Natur nur zur Hälfte in Besitz genommen haben, als wir durch die Einführung quantitativer Forschungsmethoden die Chemie zur Wissenschaft erhoben. Die Erforschung der Materie ist uns auf diese Weise gelungen, aber wir haben ein halbes Jahrhundert hindurch übersehen, dass mit der Materie die Kraft untrennbar verbunden ist. Wohl ist sich die Chemie von Anfang an klar darüber gewesen, dass jeder chemische Vorgang Kräfte entfesselt oder Kräfte verschlingt. Ist doch gerade die Betrachtung der Verbrennungserscheinungen, von welcher die chemische Wissenschaft ihren Ausgang genommen hat, besonders zu solcher Erkenntnis geeignet. Auch sind wir frühzeitig inne geworden, dass nicht nur die eine Form der Kraft, mit welcher wir Chemiker am liebsten experimentieren, die Wärme, chemische Vorgänge herbeizuführen vermag. Die Kenntnis der chemischen Wirkungen des Lichtes ist alten Datums und schon in den ersten Jahrzehnten dieses Jahrhunderts schuf ein einziger Mann, Sir Humphrey Davy, das ganze, breite Fundament für das, was man heute so gern als die jüngste Errungenschaft der chemischen Forschung bezeichnet, die Elektrochemie.

(Schluss folgt.)

VORTRÄGE UND DISCUSSIONEN

von der 71. Naturforscherversammlung zu München.

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY LIBRARY WOODS HOLE MASS.

C. Heinke (München). Über Wellenstrom-Energie.

Die Formulierung der in einem elektrostatisch gespannten System enthaltenen Energie oder Arbeit A ergiebt,

$$A = \int_0^{E\,max} Q \cdot d\,E = Q_{max} \cdot E = \tfrac{1}{2}\, Q_{max} \cdot E_{max},$$

wenn E_{max} und Q_{max} die Endwerte der Spannungsintensität E bezw. der Elektricitätsmenge Q (nach Maxwell die durch eine Niveaufläche verschobene Anzahl Frictionsteilchen) bezeichnet. Sie geht bei den elektrischen Ausgleich- oder Strömungsvorgängen, welche notwendig eine bestimmte Zeit beanspruchen, durch Lostrennung des Zeitfaktors t in

$$A = E \cdot \frac{Q}{t} \cdot t = E \cdot J \cdot t = P \cdot t$$

über, wenn $P = E \cdot J$ als der namentlich technisch wichtige Begriff der Leistung eingeführt wird. Die Messung dieses den Intensitätsgrad der Energiewandlung anzeigenden Wertes P ist bei stationärem Gleichstrom unzweideutig durch Einzelmessung von Spannung E und Stromstärke J und Multiplikation derselben ausführbar.

Komplizierter liegen bereits die Verhältnisse bei Wechselstrom, wenn mit dieser Bezeichnung jeder in Spannung e und Strom i rasch periodisch veränderliche, aber symmetrisch zum Nullniveau verlaufende elektrische Ausgleichvorgang belegt wird. Bei graphischer Auftragung dies zeitlichen Verlaufes ergeben sich die zwischen e-Kurve bez. i-Kurve und Nullniveau

eingeschlossenen Flächen beiderseits gleichgross. Diese geben ein Mass der entgegengesetzten gleichgrossen und weit rascher als die Schwingungsdauer der üblichen Messinstrumente wechselnden Antriebe, welche alle galvanometrisch oder einfach messenden Instrumente (Galvanometer, Tang. Bouss., Weston und d'Arsonval Instrumente) erfahren, sowie die Erklärung für deren Unfähigkeit zur Anzeige von symmetrischen Wechselgrössen (E und $\mathcal{J}$). Die effektiven d. h. für die Leistung irgend welcher Art in Frage kommenden Werte müssen daher unabhängig von der Bewegungsrichtung zur Messung gelangen. Dies geschieht durch Benutzung von quadratisch wirkenden Instrumenten (Dynamometer, Hitzdrahtinstrumente und Elektrometer). Die dadurch mögliche Messung der sog. effektiven Mittelwerte zu

$$E = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T e^2 \cdot dt} \text{ bezw. } \mathcal{J} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2 \cdot dt},$$

liefert in energetischer Beziehung vergleichbare und der Gleichspannung bezw. Gleichstromstärke gleichwertige Grössen der Einzelfaktoren. E und $\mathcal{J}$ geben aber noch nicht die elektrische Leistung P, da man hierfür stillschweigend immer nur die in andere (nichtelektrische) Formen wirklich übergeführte Energie in Betracht zieht, nicht aber die zwar dauernd bei jenem Ausgleichvorgang beteiligte, aber noch innerhalb derselben Periode wieder in elektrische Energieform zurückverwandelte, oder — unter Benutzung eines optischen Bildes — in den übrigen, der Betrachtung nicht unterworfenen Stromkreis zurückreflektierte. Zwischen den gewöhnlich als Erzeuger- und Verbrauchsgebiete einander gegenübergestellten Kreislaufteilen gleichsam hin und her pendelnd wird dieser Energie- bezw. Leistungsbetrag in dem Produkt $E \cdot \mathcal{J}$ mitgemessen.

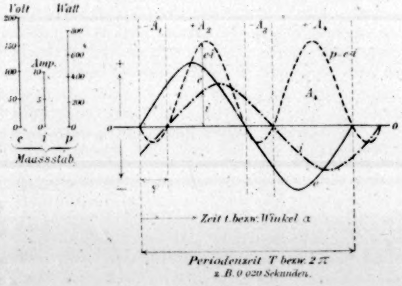

Fig. 1.

Beim symmetrischen Wechselstrom hat man ebenso wie später beim Wellenstrom 3 Leistungswerte von einander zu unterscheiden (vgl. Fig. 1):

1. Die Momentanleistung

$$p = e \cdot i = (E_m \cdot \sin\alpha)\,[\mathcal{J}_m \cdot \sin(\alpha - \varphi)].$$

2. Die mittlere sog. „scheinbare Leistung"

$$P_s = E \cdot \mathcal{J} = \frac{1}{2\pi}(A_1 + A_2 + A_3 + A_4),$$

also unter Zugrundelegung des absoluten Inhaltes aller Energieflächen A innerhalb einer Periode ($T = 2\pi$) ohne Rücksicht auf das Vorzeichen der Momentanleistungen $p = (\pm e)(\pm i)$ oder der mittleren Leistungen P_1 bis P_4 der vier Periodenteile. Vielmehr bezieht sich $2\pi \cdot (\mathcal{J} \cdot E)$ auf die Flächen (vgl. Fig. 1) zwischen der Leistungs-Kurve p und derjenigen Graden als Basislinie, welche parallel zum Nullniveau verlaufend A_1 und A_3 im Klammerausdruck der rechten Gleichungsseite zu Null macht.

3. Die mittlere wirkliche Leistung

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T e \cdot i \cdot dt = \tfrac{1}{2} \cdot E_m \cdot \mathcal{J}_m \cdot \cos\varphi = E \cdot \mathcal{J} \cdot \cos\varphi.$$

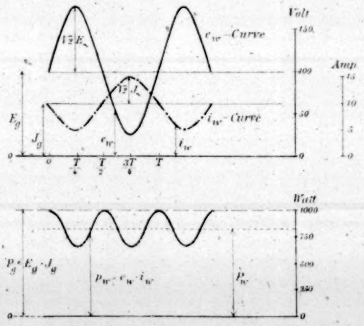

Fig. 2.

Bei den praktisch stets von der Sinuswelle abweichenden Kurven pflegt man aequivalente Sinuswellen in Verbindung mit einer energetisch aequivalenten Phasenverschiebung φ bezw. einem Leistungsfaktor $\cos\varphi$ einzuführen.

Hat man es mit elektrischen Ausgleichvorgängen zu thun, welche auch periodische Spannungs- und Stromänderungen einschliessen, jedoch so, dass dieselben einseitig, oder allgemeiner unsymmetrisch zum Nullniveau liegen, so machen einfach (galvanometrisch) und quadratisch messende Instrumente Angaben und steigern die Gefahr, eine unrichtige Leistungsmessung zu begehen. Der wahre Leistungswert bei diesen Ausgleichvorgängen mit unsymmetrisch veränderlichen Faktoren (E und $\mathcal{J}$) soll nun festgestellt werden. Ein solcher gegenüber dem Gleich- und Wechselstrom als Wellenstrom bezeichneter Ausgleich liegt bei allen

sog. Unterbrechern vor, seien dies die älteren mechanischen, wie der Hammerunterbrecher am Ruhmkorff, oder die neueren sog. elektrolytischen mit Gasentladungen, wie derjenige von Wehnelt u. A., wahrscheinlich auch bei vielen reinen Gasentladungen und bei Wechselstrom führenden Kreisen mit polarwirkenden Ausgleich-Widerständen.

Nach meinen Untersuchungen (vgl. *ETZ* 1899 Heft 29 und 30) ergab sich, dass derartige periodische, aber unsymmetrische Ausgleichvorgänge in ein Gleichstromglied und ein aufgelagertes Wechselstromglied mit äquivalenter Sinusschwingung auflösbar sind und dass diese Auflösung die Darstellung der etwas komplizierten Verhältnisse namentlich in energetischer

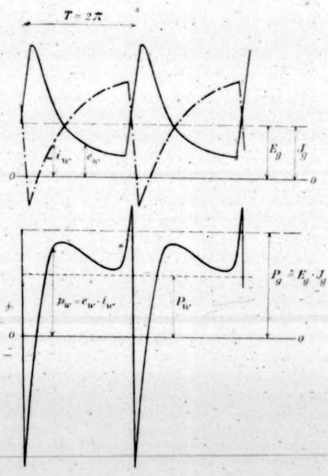

Fig. 3.

Beziehung völlig befriedigend gestattet. Diese ohne Rücksicht auf die wirklichen Maximalwerte E_m und J_m vorgenommene, aber energetisch und bezüglich der Mittelwerte äquivalente Auflösung giebt für die momentane Wellenstromstärke i_w (vgl. Fig. 2)

$$i_w = J_g + (\sqrt{2}\, J_\sim)\, \sin \alpha$$

und für die Wellenspannung

$$e_w = E_g \pm (\sqrt{2}\, E_\sim)\, \sin \alpha,$$

woraus für die effektiven Mittelwerte durch Integration über eine Periode folgt

$$J_w = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i_w^2 \cdot dt} = \sqrt{J_g^2 + J_\sim^2}$$

bezw.

$$E_w = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T e_w^2 \cdot dt} = \sqrt{E_g^2 + E_\sim^2},$$

wogegen die galvanometrischen (voltametrischen) Mittelwerte sich zu

$$\frac{1}{T}\int_0^T i_w \cdot dt = I_g \text{ bezw. } \frac{1}{T}\int_0^T e_w \cdot dt = E_g$$

ergeben.

Weiterhin für die Momentanleistung

$$p_w = i_w \cdot e_w = [J_g \pm (\sqrt{2}\, J_\sim)\, \sin \alpha]\; [E_g \pm (\sqrt{2}\, E_\sim)\, \sin (\alpha + \varphi)]$$

und für die wahre Wellenstromleistung

$$P = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} p_w \cdot d\alpha = J_g \cdot E_g + \tfrac{1}{2} J_m \cdot E_m \cdot \cos \varphi = J_g \cdot E_g + J_\sim \cdot E_\sim \cdot \cos \varphi .$$

Bemerkenswert und anfangs überraschend war das Ergebnis, dass φ auch grösser als 90°,

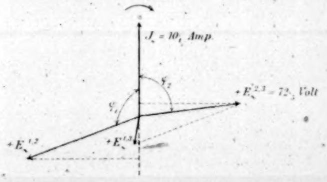

Fig. 4.

also $\cos \varphi$ und mit ihm die Wechselleistung $P_\sim = J_\sim \cdot E_\sim \cdot \cos \varphi$ negativ sein konnte, so dass P_w kleiner als die scheinbar zugeführte und durch die Angaben der galvanometrischen Instrumente zu

$$P_g = I_g \cdot E_g$$

ermittelte Gleichstromleistung wurde. Bei dem in serie mit einem eisenhaltigen (oder auch eisenfreien) induktiven Widerstand (L, R) geschalteten Wellenstromerreger, z. B. Wehnelt-Unterbrecher U ergab sich mit der in Fig. 5 angedeuteten Messanordnung mit galvanometrisch und mit effektiv messenden Instrumenten, dass zwischen Punkt 2 und 3 (induktiver Widerstand) stets $P_w > P_g$, hingegen zwischen 1 und 2 (Wellenstromerreger) stets $P_w < P_g$ d. h. die Wechselleistung $P_\sim^{1,2} = E_\sim^{1,2} \cdot J_\sim \cdot \cos \varphi_1$ vom Standpunkt der Primärquelle (Accumulatoren) negativ oder von der scheinbaren Gleichstromleistung abzuziehen ist. Dasselbe ist der Fall für $P_\sim^{1,3} = E_\sim^{1,3} \cdot J_\sim \cdot \cos \varphi$ d. h. auch hier liegt φ zwischen 90° und 180° und nicht selten nahe an 180° oder $\cos \varphi = -1$, so dass die Wechselleistung voll abzuziehen wäre von P_g,

um P_w zu erhalten. Für diesen Grenzfall ist in Fig. 2 bei einseitigem Verlauf der äquivalenten e_w-Kurve und i_w-Kurve die Konstruktion der äquivalenten Wellenstromleistungs-Kurve (p_w-Kurve) mit dem wahren Mittelwert P_w gegenüber der scheinbaren Gleichstrom-Leistung $P_g = E_g \cdot J_g$ in rechtwinkligen Koordinaten aufgetragen. Natürlich sind durch Phasenverschiebungen der e_w gegen die i_w-Kurve zwischen 180° und 0° bei unverändertem Niveau von P_g alle Werte der Wellenstromleistung bis zur voll zusätzlichen Wechselleistung möglich, wobei die p_w-Kurve so weit gestiegen ist, bis sie P_g von oben tangiert d. h. P_w so weit oberhalb P_g liegt als in Fig. 2 unterhalb.

In Fig. 3 ist die Konstruktion der Wellenstromleistungs-Kurve dargestellt nicht für eine

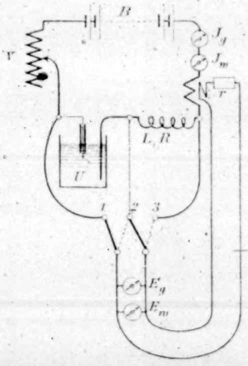

Fig 5.

äquivalente, sondern für die ursprüngliche, verzerrte und den Verhältnissen beim Wehnelt-Unterbrecher voraussichtlich näherkommende Kurven-Kombination, wobei die i_w-Kurve teilweise die Stromrichtung umkehrt; P_w ist hierbei nahezu auf die Hälfte von P_g herabgedrückt. Dass in gewissen Kreislaufstrecken, besonders in der den Wellenstromerreger enthaltenden Strecke, noch kleinere Prozentsätze ($P_w : P_g$) vorkommen, zeigt folgende Messreihe mit der in Fig. 5 gegebenen Messanordnung bei sekundärer Kapazitätsbelastung des als L, R benutzten Igel-Transformators mit 2,4 Mf. wirksamer Kapazität und 0,80 Amp. Ladestrom, wenn der aktive Querschnitt am Platinstift etwa 150 qmm betrug:

Zwischen den Punkten	E_g Volt	E_w Volt	J_g Amp	J_w Amp	P_w Watt	$P_g = J_g \cdot E_g$	$P_\sim$ Watt	$E_\sim$ Volt	$J_\sim$ Amp	φ
1 und 3	51·6	54·5	7·7	12·7	216	397	−181	17·6	10·11	ca. 180°
1 und 2	51·2	92·	7·6	12·6	119	389	−270	76·3	10·06	101°
2 und 3	0·5	72·7	7·5	12·5	90	3·5	+86·5	72·6	10·0	83°

Konstruiert man mit Hilfe der Wechselstromgrössen rechts vom Doppelstrich, welche aus den direkt beobachteten Werten (links vom Doppelstrich), wie oben angegeben, abgeleitet sind, das für die Darstellung mehrerer Spannungskomponenten übersichtliche Polardiagramm, so stellt die Fig. 4 massstäblich die Beziehung zwischen den äquivalenten, effektiv gemessenen Wechsel-Gliedern ($J_\sim$ und $E_\sim$) in Grösse und Phase dar.

Bei allen elektrischen Ausgleichvorgängen mit Wechselstromcharakter darf daher trotz der täuschenden Angaben der Gleichstrominstrumente bei Benutzung einer Batterie oder einer anderen Gleichspannung liefernden Primärquelle, z. B. auch Elektrisiermaschine, die Leistung nicht aus den gemessenen Strom- und Spannungswerten gebildet werden, etwa die von einem Induktorium aufgenommene elektrische Leistung durch Multiplikation von E_g und J_g. Das einzige elektrisch zulässige Messinstrument, welches die wahre Wellenstromleistung mit Hilfe einer Ablesung liefert, bildet vielmehr das Wattmeter (vgl. die Schaltung in Fig. 5). Ist das letztere, wie häufig bei physikalischen Untersuchungen mit kleinen Energiemengen und hohen Spannungen, praktisch nicht benutzbar, so bleibt nur eine indirekte Messung der elektrischen Leistung durch vollständige Überführung derselben in Wärme und calorimetrische Bestimmung derselben in Verbindung mit Zeitmessung übrig, um eine einwurfsfreie Messung der Wellenstromenergie zu erhalten.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 8. Oktbr. 1899.)

Personalien.

Dem Rektor der Technischen Hochschule zu Darmstadt ist für seine amtlichen Beziehungen der Titel „Magnifizenz" verliehen worden. Derzeitiger Rektor ist der o. Professor der Ingenieur-Wissenschaften Geh. Baurat Koch.

Dr. Carl Forch zu Darmstadt wurde die venia legendi für Physik an der Technischen Hochschule erteilt.

An der Universität Berlin haben sich die DD. phil. U. Behn und E. Aschkinass für Physik habilitiert.

Der Professor der Chemie an der Universität Freiburg i/Br. Dr. A. Klaus tritt aus Gesundheitsrücksichten in den Ruhestand.

Der Professor der Chemie G. J. Günning in Amsterdam ist in Grot Zande bei Deutichem im Alter von 72 Jahren gestorben.

Der älteste deutsche Chemiker, Professor Karl Friedrich Rammelsberg, ist 87 Jahre alt in Gross-Lichterfelde gestorben.

Berichtigungen.

In der Mitteilung von K. Schreber, Heft 14, Seite 165 Spalte 1, ist ein — Zeichen vor der Formel in Zeile 12 vergessen.

Heft 15, Seite 178 ist als Name des Verfassers der ersten Mitteilung Carl Forch statt „Forsch" zu setzen.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.